

# OFDM 시스템에서 SLM-PTS 결합방식을 이용한 PAPR 특성에 관한 연구

김동식<sup>+</sup> · 성태경<sup>++</sup> · 조형래<sup>+++</sup>

## A Study on PAPR Characteristic using SLM-PTS Combine Method in OFDM System

Dong-Seek Kim<sup>+</sup>, Tae-Kyung Sung<sup>++</sup> and Hyung-Rae Cho<sup>+++</sup>

**Abstract** : OFDM communication system is effective for the high data rate transmission in the frequency selective fading channel. Since OFDM has high PAPR, OFDM signal may be distorted by the nonlinear HPA. In this paper, we propose an combined SLM and PTS method for reducing the PAPR in OFDM communication system. Proposed method increased some system complex in comparison with exiting method..

**Key words** : OFDM(직교주파수분할다중화), PAPR(첨두전력대평균전력), PTS(부분전송열방식), SLM(선택사상)

### 1. 서 론

차세대 이동통신 환경에서의 신호 변조방식은 한정된 무선채널의 전력과 주파수 대역을 가능한 효율적으로 사용하여야 하므로 요구되는 데이터 전송률과 대역폭의 성능에 대하여 최대의 효율을 보일 수 있는 특성을 가진 직교 주파수 분할 다중화(OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술이 제안되었고, 다양한 분야의 무선통신 시스템의 표준규격으로 채택되어 활발한 연구가 이루어지고 있다. OFDM 방식은 데이터 심볼을 IFFT 및 FFT를 이용하여 OFDM 심볼을 만들고, 반대로 복조할 수 있으므로 변복조부의 효과적인 디지털 구현 및 고속화 실현이 가능하다. OFDM 방식은 무선이동통신 환경에서 다중경로에 의해 발생하는 지연확산보다 충분히 큰 값을 가지므로 주파수 선택성 페이딩과 협대역 간섭에 강한 특성을 가진다. 또한, OFDM 시스템에서는 각각의 다른 부반송파 주파수 대역의 데이터 중 일부 부반송파만 영향을 받게 되어 에러 정정 부호를 이용하여 소수의 오류가 발생한 부반송파 데이터를 정정하여 요구되는 비트오율(BER : Bit Error Rate) 특성에 대하여 최대의 효율을 보일 수 있다. 최근에는 심볼 스크램블링 기법을 적용한 SLM (SeLect Mapping) 기법과 PTS (Partial Transfer Sequence) 기법이 제안되어 PAPR 특성을 크게 개선시킬 수 있으나 정확한 데이터 블록의 복원을 위하여 송수신단 사이에 부가정보의 교환이 요구되어 부가정보로 인한 추가적 오류가 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서는 기존 저감기법들에서 단점으로 지적되는 연산량, 시스템의 복잡도 증가 및 정확한 데이터 블록의 복원을 위한 송수신단 사이의 부가정보 전송의 필수성 등을 개선시키기 위하여 고속 적응형 PTS 기법을 채용한 SLM-PTS 결합기법을 제안하고, 기존 SLM 및 PTS 기법과의 성능을 비교하였다.

### 2. SLM-PTS 결합기법

본 절에서는 고속 적응형 PTS 기법을 사용하여 기존의 SLM 기법과 결합시킨 새로운 PAPR 저감기법으로 SLM-PTS 결합기법을 제안하고, 기존 SLM 및 PTS 기법과의 특성을 비교, 분석하고자 한다.

제안된 SLM-PTS 결합기법은 기존의 SLM 기법과 PTS기법을 보다 개선된 알고리즘으로 결합하여 입력신호에 SLM 기법을 적용한 후 PTS 기법을 적용하여 전송하는 기법이다. 즉, 동일한 입

력신호에 위상변화를 주어 통계적으로 독립적인 심볼을 만들어 가장 낮은 PAPR을 갖는 심볼을 선택하며, 선택된 심볼을 몇 개의 부분블록으로 나누어 가장 낮은 PAPR을 갖는 최적의 가중치 요소를 찾아 곱한 후 전송하는 기법이다. Fig. 2에는 제안하는 SLM-PTS 결합기법의 구조를 보인다.

최적 가중치 요소를 찾는 대표적인 방법으로는 위상회전요소를 2개 사용하는 방법, 위상회전요소를 4개 사용하는 방법 및 Cimini's suboptimal 방법 등이 있다. 본 논문에서는 연산량이 많은 단점을 보완하기 위하여 연산량이 M번으로 경감되는 Cimini's suboptimal 방법을 사용하였다.

Cimini's suboptimal 방법은 위상회전요소를 2개 및 4개를 사용한 방법보다 PAPR 저감성능은 다소 떨어지지만 최적 가중치 요소를 찾는 연산량이 부분블록수인 M번으로 감소하는 장점을 가진다. Cimini's suboptimal 방법은 다음과 같다.

먼저 위상회전요소를  $0^\circ, 180^\circ$  라 놓고 우선 모든 M개의 부분블록에 위상회전요소를 1이라 하고, OFDM 신호의 PAPR을 구한다. 다음 첫 번째 부분블록의 위상회전요소만 -1로 바꾸고 다시 OFDM 신호의 PAPR을 구한 후, 이전 단계에서 구한 PAPR과 새로 구한 PAPR 값을 비교하여 만약, 이전 단계의 PAPR 값이 새로 구한 PAPR 값보다 크다면 최적의 첫 번째 위상회전요소  $\beta_{11}^{(1)}$ 은 -1이 되며, 비교 결과로 반대라면  $\beta_{11}^{(1)}$ 은 1이 된다. 이런 과정을 부분블록수인 M번 반복하여 최적의 가중치 요소를 찾는다.

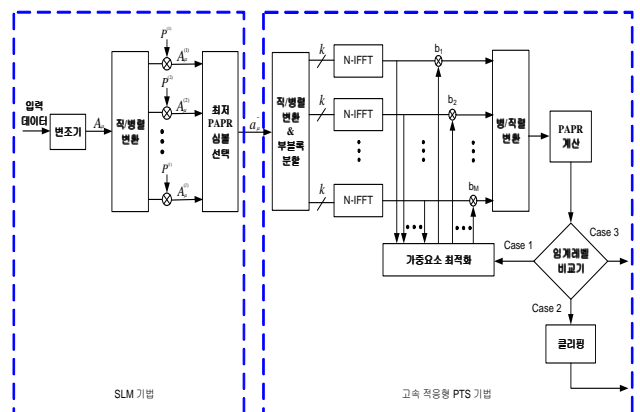


Fig. 1 Block diagram of combined SLM-PTS method

<sup>+</sup> 김동식(한국해양대학교 전파공학과), E-mail: seek1120@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4933

<sup>++</sup> 성태경(한국해양대학교 전파공학과)

<sup>+++</sup> 조형래(한국해양대학교 전파정보통신공학부)

### 3. 시뮬레이션 및 성능평가

본 절에서는 SLM 기법, PTS 기법 및 제안된 SLM-PTS 결합 기법에 대하여 심볼수(L)와 부블록수(M)가 각각 2, 3, 4이며, IFFT 크기 D가 각각 128, 256, 512 및 1024의 경우에 대하여 PAPR 성능을 분석하였다. 시스템 파라미터는 Table 1과 같다.

Table 1. OFDM system parameters

Parameter	Value
변조방식	QAM
부호화 방식	TCM
FFT 크기	128, 256, 512, 1024
부반송파 수	128
보호시간	(FFT 크기)/4 (25 %)
보호주기 형태	순환확장

Fig. 3과 Fig. 4에는 각각 16-QAM 변조를 사용한 SLM 기법, PTS 기법 및 제안된 SLM-PTS 결합 기법에 대한 PAPR 성능을 나타내고 있다. 여기서 IFFT 크기 D=128로 동일하며, L=M 이다. Fig. 3과 Fig. 4에서 알 수 있듯이 SLM 기법, PTS 기법 및 SLM-PTS 결합 기법은 모두 원래의 OFDM에서 보다 확률이 더 빨리 감소되는 통계적 특성을 가짐을 알 수 있다. 특히, 제안된 SLM-PTS 결합 기법에서 가장 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다.

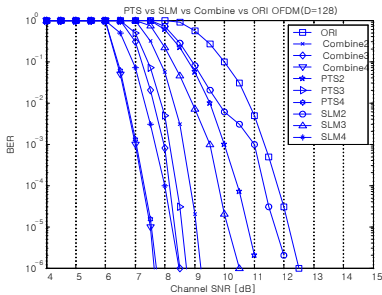


Fig. 2 Comparison of SLM-PTS method(D=128)

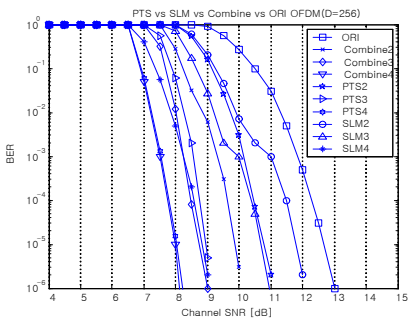


Fig. 3 Comparison of SLM-PTS method(D=256)

IFFT 크기 D=128인 Fig. 3의 경우,  $10^{-5}$ 의 확률을 기준으로 'ORI'는 12.2 dB인 반면 L=M=3을 사용하는 SLM-PTS 결합기법 (Combine3)의 경우 약 8.3 dB로 'ORI'에 비하여 약 3.9 dB 정도의 PAPR 성능 개선 효과를 보인다. IFFT 크기 D=256인 Fig. 4의 경우,  $10^{-5}$ 의 확률을 기준으로 PAPR이 약 3.9 dB 정도의 개선 효과를 보인다. 즉,  $10^{-5}$ 의 확률에서 'ORI'는 12.7 dB인 반면 L=M=3을 사용한 Combine3 기법의 경우에는 8.8 dB 정도까지

감소함으로써 약 3.9 dB 정도의 PAPR 저감 효과를 얻을 수 있다. SLM-PTS 결합 기법에서 M=3까지는 SLM 기법과 PTS 기법 보다 성능이 우수하지만 M=4일 때는 성능이 포화되어 더 이상의 개선이 없음을 알 수 있다.

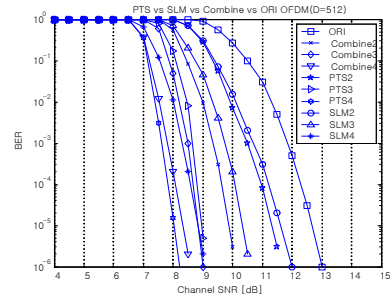


Fig. 5 Comparison of SLM-PTS method(D=512)

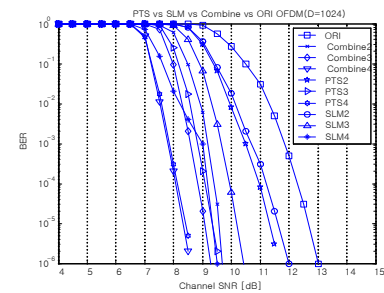


Fig. 6 Comparison of SLM-PTS method(D=1024)

Fig. 5과 Fig. 6에는 각각 IFFT 크기 D=512와 1024로 한 경우의 성능을 보인다. Fig. 5과 Fig. 6에서 보이는 바와 같이 앞선 Fig. 3 및 Fig. 4에서의 결과와 거의 유사한 결과가 얻어짐을 알 수 있다. 그러나 IFFT 크기를 계속 증가시키면 SLM 기법과 PTS 기법 및 원래의 OFDM 방식 모두에서 성능이 열화되므로 IFFT 크기의 선정에 주의해야 함을 알 수 있다.

### 4. 결론

SLM-PTS 결합기법에 대한 성능평가 결과, 전반적으로 제안된 기법이 기존의 OFDM 방식보다 우수한 성능을 보였다. 특히  $10^{-5}$ 의 BER을 기준으로 제안된 기법의 Combine3에서 IFFT 크기에 따라 원래의 OFDM 방식과 비교하여 각각 약 3.7 ~ 3.9 dB 정도의 PAPR 저감효과를 보임을 확인할 수 있었다.

이상과 같은 연구 결과를 토대로 제안된 기법들에 대하여 좀 더 다양한 전파환경 조건과 파라미터들을 고려한다면 더욱 우수한 PAPR 성능개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] R. Prasad and S. Hara, "An overview of multi-carrier CDMA," IEEE Communication Magazine, Vol. 35, No. 12, pp. 126~133, Dec. 1997.
- [2] Xiaodong Li and L. J. Cimini Jr., "Effects of clipping and filtering on the performance of OFDM," IEEE Trans. on Communications, Vol. 39, No. 7, pp. 1031~1033, Jul. 1991.